

THE IMPACT OF CRITICAL FLOW IN DIFFERENTIALLY PUMPED CHAMBER

Pavla Hlavatá

Bachelor (2), FEEC BUT

E-mail: hlavata.pavla@gmail.com

Supervised by: Jiri Maxa

E-mail: maxa@feec.vutbr.cz

Abstrakt: Environmentální rastrovací elektronový mikroskop (EREM), který je konstruován pro vysoký tlak plynů v komoře vzorku namísto vakua, umožňuje studovat vzorky obsahující vodu nebo živé biologické vzorky bez nutnosti jejich speciální úpravy. To z důvodu, že mezi komorou vzorku a tubus je vložena diferencially čerpaná komora. Vzhledem k velkým tlakovým spádům u této konstrukce dochází při čerpání plynu k nadzvukovému proudění za clonou oddělující komoru vzorku od diferencially čerpané komory. To se projevuje specifickým jevem kritického proudění ve cloně a poklesem tlaku v proudu v nadzvukové oblasti. Vhodnou konstrukční úpravou je možné využít daný jev a docílit snížení průměrného tlaku plynu ve dráze primárního svazku. To má za následek snížení rozptylu primárního svazku a zvýšení ostrosti výsledného obrazu.

Klíčová slova: ANSYS Fluent, Electron microscopy, Environmental scanning electron microscope, ESEM, Shock wave, SolidWorks

1 ENVIRONMENTÁLNÍ RASTROVACÍ ELEKTRONOVÝ MIKROSKOP

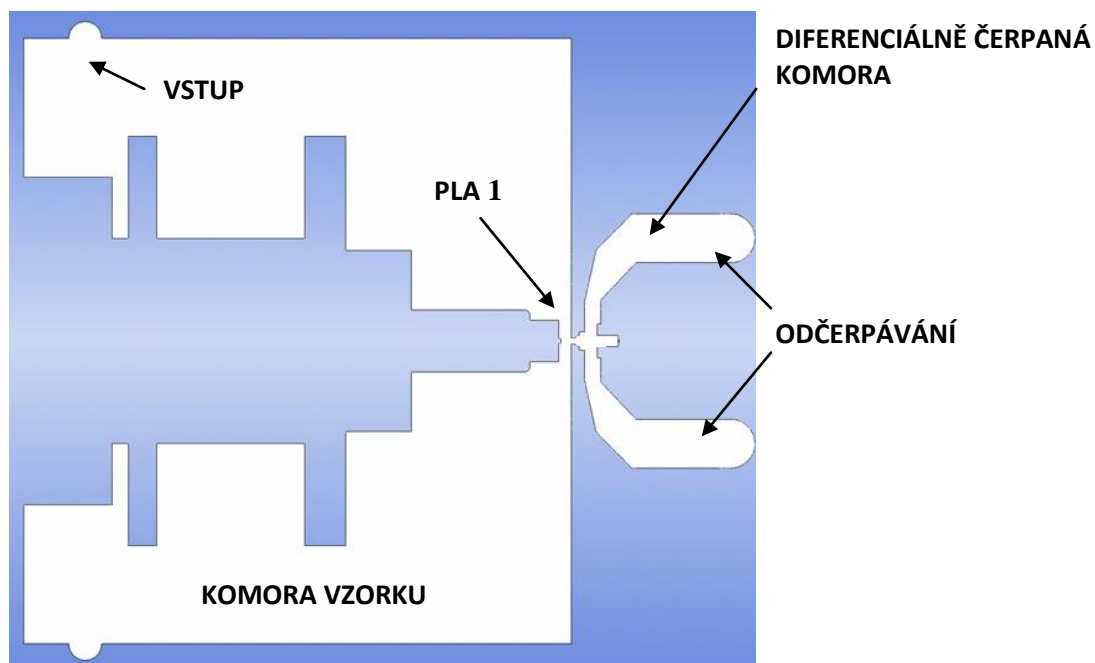
Tato práce se zabývá problematikou proudění plynu v nízkých tlacích v diferencially čerpané komoře [1]. Diferencially čerpaná komora je součástí Environmentálního rastrovacího elektronového mikroskopu (obr. 1). Tento typ se od klasického elektronového mikroskopu odlišuje tím, že umožňuje pozorovat i vzorky obsahující v přirozeném stavu vodu. Toto je umožněno díky umístění diferencially čerpané komory oddělující vakuum v tubusu (0.01 Pa) od komory vzorku, ve které může být tlak až 2000 Pa na rozdíl od klasických elektronových mikroskopů, kde vzorek je umístěn ve vakuu a vyžaduje speciální úpravu [4]. Práce mapuje principy proudění ve specifických podmínkách nadzvukového proudění v oblasti nízkých tlaků, což umožňuje následně upravit diferencially čerpanou komoru tak, aby docházelo k menšímu rozptylu primárního elektronového svazku, neboť rozptyl primárního svazku roste s rostoucím tlakem.

2 ANALÝZA PROUDĚNÍ V NADZVUKOVÉM REŽIMU

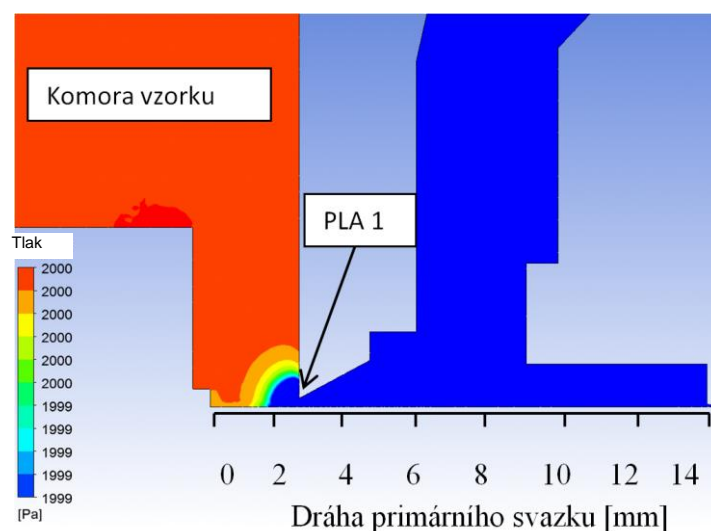
Analýzy byly provedeny pomocí systému Ansys Fluent pomocí metody konečných objemů. Vzhledem k velkým gradientům tlaku bylo použito výpočetní schéma Density Based s diskretizací druhého řádu [2].

Byl vyšetřován průběh tlaku a rychlosti v dráze primárního svazku pro vyhodnocení vlivu kritického proudění za clonou PLA 1 (obr. 2) [3]. Z výsledků plyne, že od hodnoty tlaku 300 Pa v komoře vzorku vzniká z důvodu velkého tlakového spádu mezi komorou vzorku a diferencially čerpanou komorou v cloně PLA 1 nadzvukové proudění, které při dalším zvyšování tlaku v komoře vzorku výrazně roste. To má za následek vznik jevu patrný na grafech uvedených na obr. 3. V oblasti nadzvukového proudění z důvodu fyzikálního jevu takzvaného ucpání dýzy dochází k poklesu tlaku (obr. 3 pravý sloupec). Proto je patrné z obr. 3, že varianta s 50 Pa v komoře vzorku vykazuje rovnoměrné proudění skrze clonu PLA1 s pozvolným poklesem tlaku za ní. Varianta s 2000 Pa naopak prokazuje charakter kritického proudění, kdy v nadzvukové oblasti dochází k poklesu tlaku zakon-

čeném rázovou vlnou. V našem případě rázová vlna nemá charakter ostrého úzkého pásu zvýšeného tlaku, ale je rozmazaná, neboť u nízkého tlaku vazké síly výrazněji ubrzí setrvačné.



Obrázek 1: Řez Environmentálním elektronovým mikroskopem.

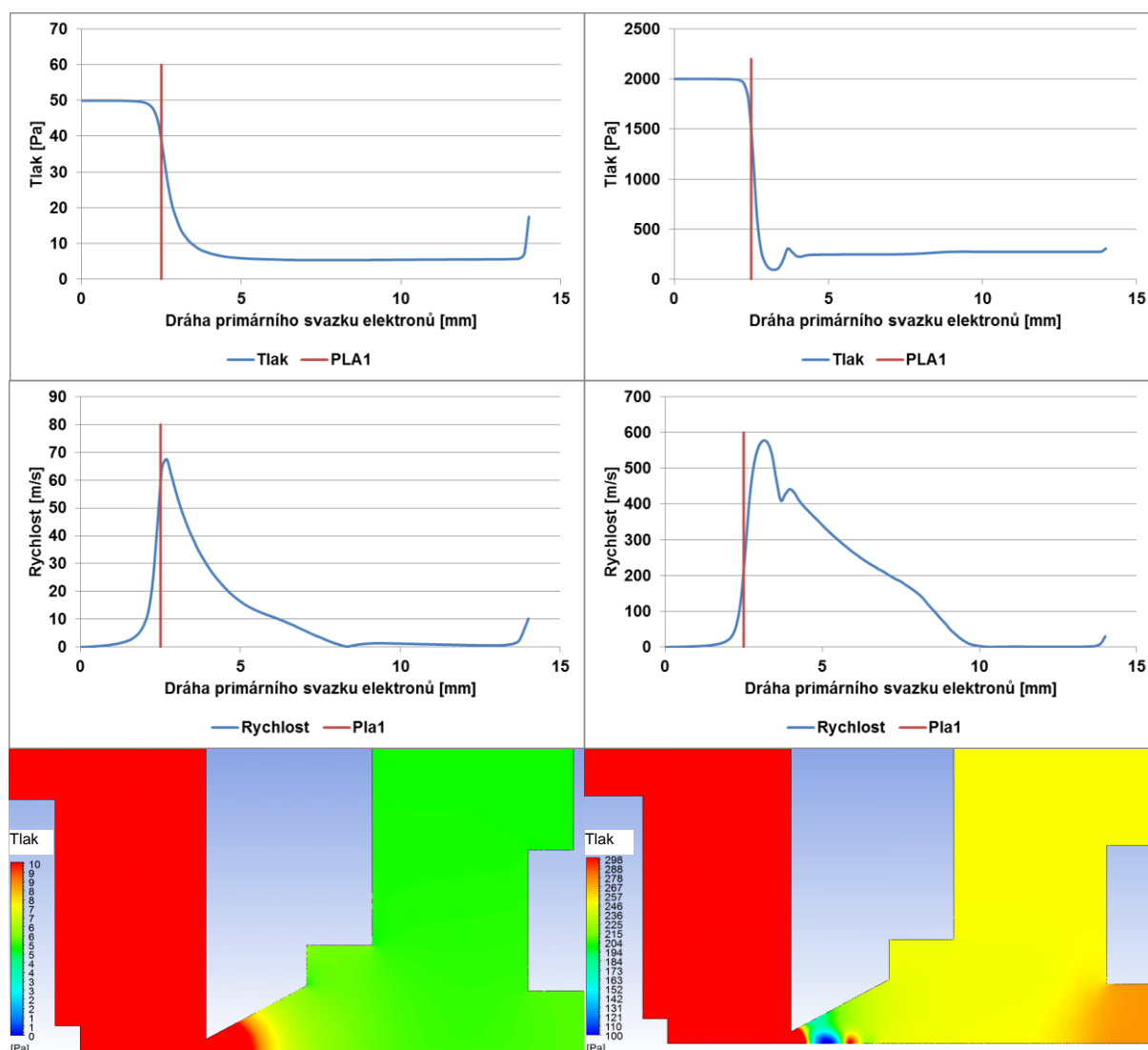


Obrázek 2: Pokles průměrného tlaku při nadzvukovém proudění.

3 ZÁVĚR

Byl vyšetřován průběh tlaku a rychlosti v dráze primárního svazku pro vyhodnocení vlivu kritického proudění za clonou PLA 1.

Bylo prokázáno, že ve cloně PLA 1 dochází od hodnot tlaku v komoře vzorku cca 300 Pa k charakteristickému jevu kritického proudění a ucpání dýzy. Uvedený jev je možné využít při konstrukci diferencíálně čerpané komory. Na základě výsledků byly provedeny další analýzy na upravených tvarech diferencíálně čerpané komory k dosažení snížení tlaku v dráze primárního svazku.



Obrázek 3: Vliv kritického proudění na průběh tlaku za clonou.

PODĚKOVÁNÍ

Publikace vznikla za finanční podpory projektu specifického výzkumu na VUT (projekt č. FEKT-S-17-4595, Materiály a technologie pro elektrotechniku III).

REFERENCE

- [1] NEDĚLA V., AUTRATA R. Environmental scanning electron microscopy. Československý časopis pro fyziku, 2005, vol. 2005, no. 3, p. 251 (p.)ISSN: 0009-0700.
- [2] BÍLEK, M.; HLA VATÁ, P.; MAXA, J. Comparison of Results obtained using Monte Carlo and ANSYS Fluent in Analysis Differentially Pumped Chamber. In Proceedings of the 22 Conference STUDENT EEICT 2016. 2016. p. 600-604. ISBN: 978-80-214-5350- 0.
- [3] VERSTEEG, K. and MALALASEKERA, W. An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method. Reading. Addison-Wesley, 1995, 257 p.
- [4] NEDĚLA, V., HŘIB, J. and VOOKOVÁ, B. Imaging of early conifer embryogenic tissues with the environmental scanning electron microscope. *Biologia Plantarum*, 2012, vol. 56, no. 3.